

KINABALU

Jurnal Perniagaan & Sains Sosial
Journal of Business & Social Sciences



UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

Beg Berkunci No. 2073,

88999 Kota Kinabalu

Sabah

MALAYSIA

PENGUNAAN DATA SATELIT NOAA-AVHRR DALAM MENGUKUR KETINGGIAN SUHU BANDAR-BANDAR UTAMA DI MALAYSIA

Ab. Latif Ibrahim

Tarmiji Masron

Aziz Abdul Majid

Aida Hayati Mohd Hassan

Nor Azlina Abdullah @ Ishak

Mohd Hilmi P. Ramli

Mohd. Zulkarnain Abd. Rahman

ABSTRACT

The development and urbanization process in Malaysia has changed the face of the earth. Land filled with trees and vegetation was replaced with concrete buildings and paved roads, which have an impact on the rate of heat production and retention. This research was conducted to study the increasing temperature in major cities such as Kuala Lumpur, Penang, Kelantan and Johor Bahru. This study used the NOAA-AVHRR satellite data because it covers wide areas such as the whole of Peninsular Malaysia. The split window technique was used to extract the temperature from the NOAA-AVHRR data. This method saved money, time and transportation costs, and it is suitable for wide area study. A comparison between the NOAA-AVHRR temperature data with the actual data collected by the weather stations in the above mentioned cities, showed no significant differences at $<1^{\circ}\text{C}$. This means the accuracy of the NOAA-AVHRR data can be trusted and accepted.

PENGANTARAN

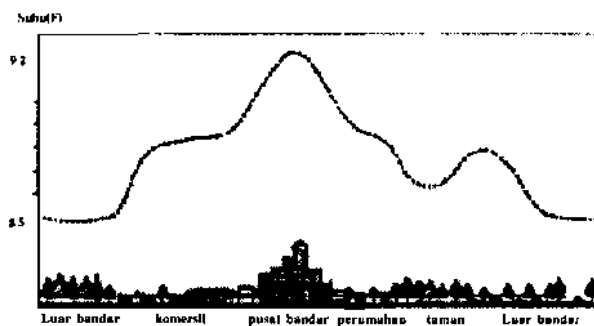
Pertumbuhan penduduk menyebabkan pelbagai aktiviti tertumpu di bandar. Situasi ini memberi kesan terhadap peningkatan suhu, kelembapan relatif dan pencemaran udara. Dijangkakan, majoriti enam bilion penduduk dunia akan tinggal di bandar (Hall, P. & Pfeiffer, U., 2000). Kepelbagaian aktiviti di bandar turut menyebabkan litupan tanah berubah seperti perubahan kawasan tanaman kepada perumahan, jalan raya dan kawasan perindustrian. Suhu di kawasan bandar

meningkat disebabkan kekurangan tumbuh-tumbuhan. Pembebasan gas-gas rumah kaca seperti karbon dioksida, monoksida, dan sulfur dioksida ke atmosfera yang tidak dapat diserap oleh kanopi tumbuhan akan menyebabkan gas-gas berkenaan kekal sebagai lapisan haba dalam persekitaran atmosfera. Ini lebih dikenali sebagai fenomena Pulau Haba Bandar (UHI-*Urban Heat Island*) dan akhirnya menyebabkan suhu kawasan bandar lebih panas berbanding kawasan di sekitarnya.

Pengukuran suhu boleh dijalankan secara manual menggunakan termometer. Kaedah ini agak berkesan tetapi sukar untuk diaplikasi bagi tujuan pemetaan suhu untuk keseluruhan kawasan yang luas. Oleh sebab itu, kaedah penderiaan jarak jauh (*remote sensing*) di samping sistem maklumat geografi (GIS) adalah satu langkah alternatif untuk memberi keputusan yang tepat dan boleh dipercayai. Data satelit yang mempunyai jalur termal membolehkan suhu di sesuatu kawasan dihasilkan melalui pemprosesan berdigit dan analisis menggunakan perisian tertentu. Peta topografi, data stesen kaji cuaca boleh digunakan sebagai bahan sokongan ke dalam analisis bagi menilai ketepatan hasil yang diperolehi. Antara satelit yang boleh digunakan untuk memantau suhu permukaan seperti NOAA AVHRR, Landsat-5 Thematic Mapper, Landsat-7 ETM+, MODIS, dan ASTER GDS.

KETINGGIAN SUHU BANDAR

Pulau haba bandar ialah udara panas di pusat bandar dan kawasan peniagaan bandar yang menyebabkan suhu di situ meningkat beberapa darjah Celcius berbanding dengan kawasan sekitarnya (Sham Sani, 1995). Mengikut Sulong Mohamad (1985), pulau haba bandar adalah satu imbalan haba atau ciri peredaran udara yang penting di bandar yang dipengaruhi faktor-faktor tertentu seperti suhu udara di pusat bandar lebih tinggi berbanding kawasan sekitarnya, iaitu bergantung kepada saiz dan fungsi bandar berkenaan. Lakaran ringkas mengenai fenomena pulau haba bandar ditunjukkan dalam Rajah 1.



Rajah 1: Lakaran ringkas fenomena pulau haba bandar

Di Malaysia, terdapat beberapa kajian mengenai pulau haba bandar telah dijalankan menggunakan pelbagai kaedah konvensional di beberapa buah bandar utama seperti di Kuala Lumpur, Pulau Pinang dan Petaling Jaya. Ini termasuklah kajian oleh Sham Sani (1995) mengenai pulau haba di Kuala Lumpur yang memfokuskan kepada perubahan bentuk dan intensitinya. Bentuk dan intensiti pulau haba dalam kajian beliau didapati berubah mengikut keadaan cuaca. Intensiti maksimum boleh dicerap pada waktu malam manakala pada waktu siang intensitinya berada pada tahap minimum. Manakala pada waktu malam yang tenang tanpa kehadiran awan didapati pusat pulau haba ini hampir bersetempatan dengan pusat bandar dan satu jurang suhu yang luas terbentuk di zon perantaraan antara pusat bandar dengan kawasan Damansara. Ini menunjukkan faktor cuaca juga penting dalam mempengaruhi intensiti dan bentuk pulau haba bandar.

Pada akhir tahun 1990-an atau akhir 1980-an, kajian pulau haba bandar di Kuala Lumpur mendapati keamatan pulau haba bandar menurun berbanding pada awal 1970-an dan 1980-an. Ini mungkin disebabkan oleh proses penghijauan kawasan bandar Kuala Lumpur atau perubahan proses guna tanah yang berlaku di kawasan ini (Sham Sani, 1995). Selain kajian menggunakan kaedah konvensional, terdapat juga beberapa kajian yang telah dijalankan dalam mengaplikasikan teknik penderiaan jauh dan sistem maklumat geografi dalam kajian pulau haba. Gallo *et al.* (1993) telah menggunakan data NOAA AVHRR dalam menilai kesan pulau haba bandar. Objektif utama kajian ini ialah menggunakan indeks tumbuhan dari penilaian satelit dan menilai suhu permukaan bagi menyelesaikan perbezaan suhu udara di bandar dan luar bandar untuk mencerap pulau haba bandar. Kajian ini dilakukan di 37 buah bandar di Amerika Syarikat pada tahun 1991.

Aniello C. *et al.* (1995) telah menggunakan data Landsat TM dan perisian GIS untuk memetakan pulau haba bandar secara mikro di sebahagian kawasan White Rock Lake, Dallas, Texas. Data Landsat TM 6 (termal) digunakan untuk mengekstrak litupan tumbuhan untuk membuat peta yang menunjukkan lokasi mikro pulau haba bandar dan kawasan tumbuhan. Kajian ini bertujuan menilai Landsat TM sepenuhnya untuk mengklasifikasi litupan tumbuhan. Bagi tujuan ini jalur TM 6 digunakan untuk membuat peta termal dan GIS digunakan untuk menggabungkan data dalam menentukan spatial mikro pulau haba bandar di kawasan kajian. Keputusan yang diperolehi menunjukkan titik panas dapat diperhatikan dan perbezaan suhu yang jelas kelihatan di antara beberapa kawasan dalam kajian khususnya di antara kawasan litupan tumbuhan dengan kawasan perumahan.

Myung-Hee Jo *et al.* (2001) telah menjalankan kajian analisis spatial topografi atas suhu permukaan bandar menggunakan gabungan penderiaan jarak jauh

dan GIS di kawasan bandar metropolitan Korea. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengesahkan taburan spatial suhu permukaan dengan bantuan maklumat bandar yang berkaitan dengan litupan tanah, NDVI dan kriteria topografi kawasan kajian. Selain itu, faktor topografi seperti ketinggian serta kecerunan diselesaikan melalui analisis spatial dalam GIS. Data yang digunakan ialah Landsat TM, data stesen kaji cuaca. Kajian ini menunjukkan kawasan perindustrian, komersil, dan perumahan mempunyai taburan suhu yang tinggi. Ramalan bagi suhu permukaan dari segi memberi hasil yang berbeza bergantung kepada musim dan masa cerapan oleh satelit Landsat TM.

Chen Ping *et al.* (2001) telah menjalankan kajian mengenai penilaian suhu permukaan bagi Bandaraya Singapura dan sebahagian kawasan Johor Bharu. Kajian ini menggunakan data Landsat ETM+, Landsat TM dan IKONOS untuk mengkaji suhu permukaan dan menilai hubungan suhu permukaan yang diperolehi dengan litupan tanah di bandaraya. Keberkesanan data Landsat TM dan Landsat ETM+ dibandingkan dalam memperolehi nilai kecerahan suhu bandar, manakala data IKONOS pula digunakan untuk mendapatkan maklumat guna tanah. Penukaran radiasi spektral kepada nilai suhu dan pembetulan kepancaran dilakukan tetapi kalibrasi sebenar suhu tidak dilakukan kerana tujuan utama kajian ini ialah untuk menganalisis perbezaan suhu relatif bagi litupan tanah yang berlainan. Di samping itu, kajian ini juga bertujuan untuk melihat jenis corak suhu yang menyebabkan kajian pulau haba bandar. Imej IKONOS dan data lapangan digunakan untuk mengkaji hubungan antara suhu permukaan dengan fitur litupan tanah. Peta taburan suhu dilabelkan warna dan disampelkan kepada resolusi 3 m dan imej IKONOS juga disampelkan kepada 3 m. Hasil kajian menunjukkan terdapat hubungan yang kuat antara suhu bandar dengan fitur litupan tanah. Terdapat lapan jenis fitur tanah yang diperolehi daripada imej Landsat ETM+. Perbezaan suhu minimum dan maksimum antara fitur litupan tanah sebanyak 5°C iaitu kawasan perindustrian mempunyai suhu yang tertinggi. Data Landsat ETM+ lebih berkesan dan tepat digunakan berbanding dengan data Landsat TM untuk memantau suhu permukaan bandar.

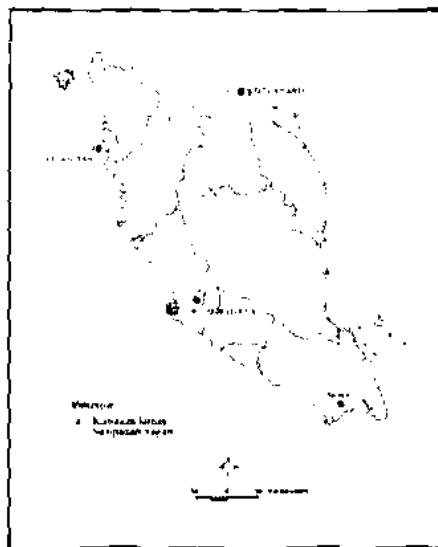
Streutker (2002) telah membuat kajian penggunaan *remote sensing* dalam mengesan pulau haba bandar di Houston, Texas. Kajian ini bertujuan menilai jumlah fenomena pulau haba bandar mengikut tempat di kawasan bandar dan menilai sama ada korelasi antara suhu bandar dan luar bandar berbeza antara satu sama lain. Data yang digunakan ialah NOAA AVHRR LIB *High Resolution Picture Transmission* (HRPT) sebanyak 48 set di antara bulan April 1998 hingga Januari 2000. Kajian ini menumpukan perbezaan suhu bandar serta luar bandar dan bertujuan menilai fenomena pulau haba bandar dalam magnitud dan spatial yang sama tanpa penilaian *in situ* dan menilai korelasi antara magnitud pulau

haba dengan suhu luar bandar. Kaedah yang digunakan ialah pembetulan radiometrik, menepeng awan dan air, pengasingan kawasan luar bandar dan pengkriteriaan pulau haba bandar.

Dousset B. dan Gourmelon F. (2003) telah menjalankan analisis data satelit pelbagai penderia untuk suhu permukaan bandar untuk menentukan aliran tenaga dan interaksi pada permukaan bandar. Kajian ini dilakukan semasa musim panas pada skala mikro di Los Angeles dan Paris. Untuk mendapatkan parameter aliran haba permukaan, statistik yang diperolehi daripada imej termal dekat-merah dan menggunakan gabungan GIS serta imej SPOT HRV digunakan. Di samping itu, data *insitu* telah digunakan sebagai data sokongan. Purata imej menunjukkan variasi masa dan ruang untuk suhu permukaan tanah dan jelas menunjukkan corak cuaca mikro. Keputusan yang diperolehi menunjukkan kesan kewujudan pembangunan fizikal di sesuatu kawasan khususnya di kawasan perniagaan dan industri mempengaruhi pulau haba bandar.

KAWASAN KAJIAN

Kawasan kajian merangkumi empat buah bandar di Semenanjung Malaysia iaitu Bayan Lepas (Pulau Pinang), Kota Bharu (Kelantan), Petaling Jaya (Kuala Lumpur), dan Senai (Johor).



Rajah 2: Kawasan kajian

METODOLOGI KAJIAN

Terdapat beberapa peringkat yang terlibat dalam kajian ini, misalnya perolehan data dan perisian, pembetulan geometri, kalibrasi untuk jalur termal AVHRR dan pemprosesan pengukuran suhu permukaan.

Perolehan Data dan Perisian

Data yang digunakan dalam kajian ini adalah daripada data satelit NOAA-15, NOAA-16 dan NOAA-17 AVHRR. Data tersebut merangkumi seluruh kawasan Semenanjung Malaysia dan perairan sekitarnya. Data NOAA AVHRR dipilih kerana meliputi seluruh kawasan kajian yang diperlukan dan mempunyai jalur termal yang digunakan untuk mencerap suhu (Rajah 2). Data NOAA AVHRR untuk kajian ini diambil daripada laman web <http://www.saa.noaa.gov>.

Data NOAA dioperasikan dari dua buah sistem satelit utama, iaitu *Geostationary Operational Environmental Satellites* (GOES) dan *Polar Orbiting Environmental Satellites*. GOES diletakkan di stesen orbit kira-kira 38,500 kilometer di atas equator. Biasanya, GOES – Timur terletak di longitud 75°W dan GOES – Barat terletak di longitud 135°W. GOES menggunakan *visible-infrared spin-scan radiometer* (VISSR) untuk merekod tenaga elektromagnet di jalur nampak (0.55-0.70 μm) dan di jalur merah termal (10.5-12.5 μm). Resolusi spatial pada kedua-dua jalur ini ialah 8 km x 8 km. VISSR diprogramkan untuk memantau dan mencerap keadaan cuaca dan juga corak awan. Setelah itu, data AVHRR telah dibangunkan khas kepada pendekatan meteorologi, perubahan cuaca global, pemetaan tumbuhan dan juga menentukan permukaan laut (Jensen, 1996).

Sun-synchronous polar orbiting satellites yang membawa sensor AVHRR menggunakan 4 atau 5 jalur untuk merekod tenaga elektromagnet. AVHRR yang digunakan menunjukkan satu perkembangan kemajuan yang pesat. Frekuensi yang tinggi dalam litupan telah meningkatkan kemungkinan berlakunya pencerapan yang tidak berawan melalui ruangan temporal yang spesifik dan ini mungkin dapat memantau perubahan keadaan litupan bumi dalam tempoh masa yang singkat. Kemodenan resolusi data membolehkannya melaksanakan pengumpulan, penyimpanan dan memproses data seperti kebenuaan dan global (Jensen, 1996).

Sensor AVHRR diorbitkan pada 845 kilometer *perigee* (titik kedudukan bulan yang terdekat dengan bumi) dan pada kecondongan 98.9° di atas bumi. Data yang direkod pada sensor ini dalam *swath width*¹ 2700 km pada resolusi spatial 1.1 km x 1.1 km di titik nadir. Terdapat dua data utama AVHRR iaitu 1.1 km x 1.1 km *Local Area Coverage* (LAC) dan 4 km x 4 km *Global Area Coverage* (GAC). Kebanyakan kajian pada masa ini menggunakan data GAC (Jensen, 1996).

Kewujudan sensor AVHRR telah melengkapkan keupayaan satelit terdahulu seperti Landsat TM dalam mengetahui keadaan tumbuhan dan suhu permukaan laut. Salah satu pengiraan popular yang menggunakan data AVHRR ialah *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). Indeks ini menggunakan jalur nampak dan jalur merah dekat untuk memeta keadaan tumbuhan pada skala mikro dan makro. Jadual 1 menyenaraikan fungsi data NOAA-AVHRR. Indeks ini adalah satu indeks yang ringkas :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Jalur 2} - \text{Jalur 1}}{\text{Jalur 2} + \text{Jalur 1}} \quad \text{Persamaan 1}$$

Iaitu :

Jalur 2 = Jalur inframerah dekat

Jalur 1 = Jalur sinar nampak

Jadual 1: Fungsi data NOAA AVHRR

Jalur	NOAA 6,8,10	NOAA 7,9,11,12	Kegunaan
1	0.580 - 0.68	0.580 - 0.68	Memantau awan, salji, ais dan pemetaan tumbuhan
2	0.725 - 1.10	0.725 - 1.10	Pemetaan tumbuhan, hubungan antara tanah dan air
3	3.55 - 3.93	3.55 - 3.93	Mengawal titik panas (kebakaran hutan) dan pemetaan awan pada waktu siang atau malam
4	10.50 - 11.50	10.30 - 11.30	Pemetaan awan pada siang atau malam dan suhu permukaan
5*	-	11.50 - 12.50	Memeta awan siang atau malam dan mencerap suhu

Jalur ini digunakan untuk membuang *path radiance* yang disumbangkan oleh wap air atmosfera apabila pemetaan suhu dilakukan.

DATA METEOROLOGI

Data meteorologi yang digunakan dalam kajian ini ialah data suhu untuk kawasan kajian yang diambil daripada Pusat Perkhidmatan Kaji cuaca Malaysia, Petaling Jaya, Selangor.

Perisian

Perisian yang digunakan untuk menjalankan kajian ini ialah ERDAS IMAGINE 8.5 dan ENVI 4.0 bersama dengan program OrthoEngine untuk pemprosesan awal data mentah seperti penukaran format data. ERDAS IMAGINE 8.5 digunakan bagi menjalankan pemprosesan data satelit secara digital yang merangkumi hampir keseluruhan pemprosesan kajian iaitu pra-pemprosesan imej, pemprosesan imej dan sehingga kepada perolehan hasil akhir kajian.

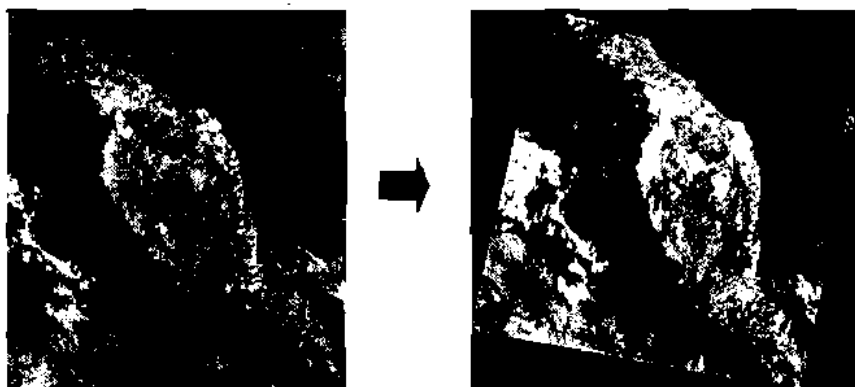
Prapemprosesan Data

Peringkat prapemprosesan merujuk kepada pemprosesan awal data mentah NOAA AVHRR iaitu :

- a) Pembetulan geometri
- b) Kalibrasi data

Pembetulan Geometri

Dalam sistem penderiaan jauh, imej yang diperolehi daripada penderia adalah tidak sama dengan ukuran grid di bumi. Perbezaan ini merangkumi geodetik dan interinsik dalam sistem imej iaitu orbit satelit, kedudukan, ketinggian dan sudut imbasan. Tiga proses pembetulan geometri utama dikenali sebagai polinomial, penukaran koordinat serta persampelan semula (Rajah 3).



Rajah 3: Imej satelit NOAA-AVHRR sebelum dan selepas pembetulan geometri

Kalibrasi Untuk Jalur Termal AVHRR

Koefisien untuk setiap jalur termal 3B, 4 dan 5 dalam data tahap 1b NOAA KLM

$$N_E = a_0 + a_1 C_E + a_2 C_E^2 \quad \text{Persamaan 2}$$

N_E = Earth scene radiance

$$a_2 = 0$$

a_0 = jalur 4 AVHRR spesifik (IR Operation Cal Ch4 Coefficient 1)

C_E dan C_E^2 = nilai nombor berdigit

Untuk menukar nilai N_E ke dalam jumlah nilai suhu jasad hitam T_E , dua proses utama telah digunakan :

$$T_E^* = \frac{C_2 V_c}{\ln \left(1 + \frac{C_1 V_c^3}{N_E} \right)} \quad \text{Persamaan 3}$$

T_E^* = pancaran suhu jasad hitam

$$C_1 = 1.1910427 \times 10^{-5}$$

$$C_2 = 1.4387752$$

V_c = nilai tengah nombor gelombang (wavenumber)

Jadual 2 : Nilai tengah nombor gelombang (V_c)

NOAA - 15	Channel 3B = 2695.9743, Channel 4 = 925.4075, Channel 5 = 839.8979.
NOAA - 16	Channel 3B = 2700.1148, Channel 4 = 917.2289, Channel 5 = 838.1255.
NOAA - 17	Channel 3B = 2669.3554, Channel 4 = 926.2947, Channel 5 = 839.8249.

Untuk mengira jumlah nilai suhu jasad hitam :

$$T_E = \frac{T_E^* - A}{B} \quad \text{Persamaan 4}$$

T_E = Jumlah nilai suhu jasad hitam

T_E^* = kepancaran suhu jasad hitam

A dan B = nilai koefisien radian data NOAA AVHRR yang boleh diperolehi daripada Jadual 3.

Jadual 3: NOAA -15,16,17 AVHRR / 3 jalur suhu – koefisien radian

	A	B
NOAA -15	Channel 3B =1.621256, Channel 4 =0.337810, Channel 5 =0.304558.	Channel 3B =0.998015, Channel 4 =0.998719, Channel 5 =0.999024.
NOAA-16	Channel 3B =1.592459, Channel 4 =0.332380, Channel 5 =0.674623.	Channel 3B =0.998147, Channel 4 =0.998522, Channel 5 =0.998363.
NOAA-17	Channel 3B =1.702380, Channel 4 =0.271683, Channel 5 =0.309180.	Channel 3B =0.997378, Channel 4 =0.998794, Channel 5 =0.999012.



Rajah 4: Data NOAA AVHRR yang telah dikalibrasi

Prosesan Pengukuran Suhu Permukaan

Kalibrasi yang baik daripada jalur inframerah termal data AVHRR dapat digunakan untuk membuat pembetulan atmosfera bagi perolehan nilai suhu permukaan, T_s . Dalam kajian ini, kaedah *split - window* digunakan untuk mengira suhu permukaan bagi menentukan jenis awan berdasarkan nilai suhunya. Dengan itu, kesan atmosfera ke atas data berkenaan juga dapat dikurangkan atau tidak langsung melalui teknik ini.

Pengiraan suhu permukaan dengan kaedah *split - window* dalam kajian ini adalah berdasarkan kepada set nilai koefisien (pekali) yang diperkenalkan Lagouarde (1991). Persamaan yang diaplikasikan ke dalam kaedah ini adalah seperti berikut :

$$T_s = 2.84 + 3.77T_{B4} - 2.77T_{B5}$$

Persamaan 5

di mana,

T_s = nilai suhu permukaan

T_{B4} = nilai suhu kecerahan (*brightness temperature*) dari jalur 4 dan 5

2.84, 3.77 dan 2.77 = set nilai koefisien

Untuk mendapatkan nilai suhu permukaan pada imej yang dibuat dalam ERDAS IMAGINE dalam membina model *split - window* pada *modeller*.



5: Imej NOAA AVHRR untuk Semenanjung Malaysia a) sebelum pengukuran suhu dan, b) selepas pengukuran suhu

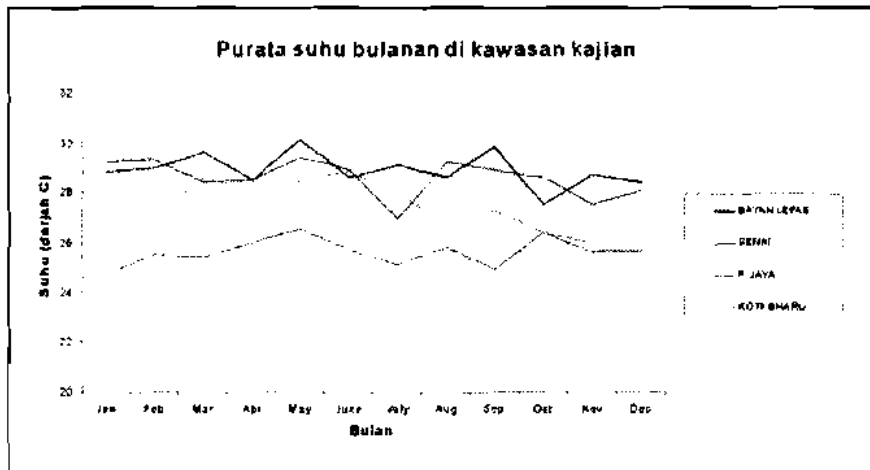
PERBINCANGAN

Daripada analisis yang telah dijalankan, antara keputusan yang diperolehi adalah suhu bulanan kawasan kajian, perbezaan suhu setiap kawasan kajian dan penilaian terhadap fenomena pulau haba bandar. Rajah 6 menunjukkan purata bulanan suhu untuk kawasan Bayan Lepas, Senai, Petaling Jaya, dan Kota Bharu. Suhu ini diambil setiap hari sepanjang tahun 2003. Walau bagaimanapun, hanya stesen yang tiada litupan awan digunakan untuk mengira suhu bulanan.

Didapati suhu bulanan di stesen Senai lebih rendah daripada stesen - stesen lain. Keadaan ini disebabkan kawasan Senai bukan kawasan bandar yang besar berbanding dengan bandar lain. Selain itu, kawasan ini mengalami proses pembangunan atau pertumbuhan yang lambat walaupun kawasan ini mempunyai lapangan terbang antarabangsa dan kawasan kilang. Ini mungkin disebabkan fungsi Bandar Senai itu sendiri yang memberi kesan kepada suhu di kawasan berkenaan.

Manakala Petaling Jaya dan Bayan Lepas didapati mempunyai suhu yang tertinggi. Antara faktor yang menyumbang kepada fenomena ini ialah kawasan berkenaan mempunyai populasi penduduk tinggi yang menjalankan pelbagai aktiviti seperti perniagaan, pentadbiran dan perkilangan. Peningkatan populasi penduduk yang tinggi disebabkan oleh faktor migrasi penduduk luar bandar ke bandar secara langsung yang mendorong kepada pertumbuhan fizikal bandar yang pesat serta aktiviti penduduk di kawasan ini. Sebagai contohnya, dahulu Petaling Jaya adalah bandar satelit kepada Bandaraya Kuala Lumpur tetapi kini keluasan bandar ini hampir menyamai keluasan Kuala Lumpur. Sudah tentu hal ini memberi kesan kepada peningkatan suhu di bandar ini berbanding bandar lain dalam kajian ini.

Bandar Kota Bharu mempunyai suhu sekitar 25 °C - 29°C. Suhu ini agak sederhana berbanding Petaling Jaya dan Bayan Lepas. Walaupun Kota Bharu berfungsi sebagai ibu negeri bagi Kelantan, pertumbuhan fizikal yang perlahan dan migrasi keluar penduduk ke tempat lain menyebabkan tiada peningkatan suhu yang ketara. Selain itu, suhu berkenaan juga dipengaruhi oleh keadaan sekeliling bandar Kota Bharu dikelilingi oleh kawasan pertanian seperti kawasan Pengairan Kemubu (KADA) yang telah memberi kesan kepada suhu di bandar ini. Selain itu, suhu di bandar ini juga dipengaruhi oleh faktor angin monsun timur laut bermula pada bulan Oktober hingga Mac yang membawa hujan lebat di bandar ini. Ini terbukti melalui Rajah 6 iaitu berlaku penurunan suhu pada bulan berkenaan berbanding bulan-bulan lain.



Rajah 6: Purata suhu bulanan di kawasan kajian

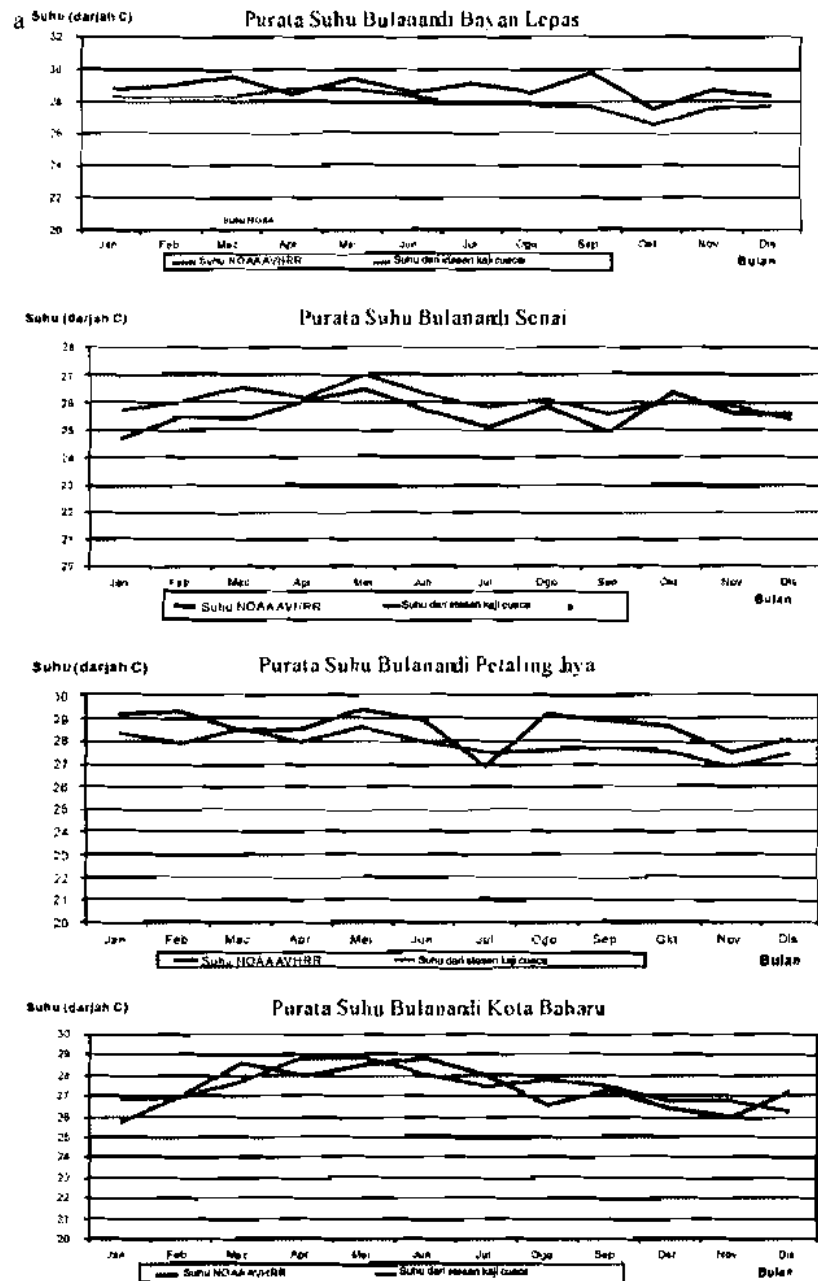
Perbandingan Suhu Dari Data NOAA-AVHRR Dengan Data Stesen Kaji Cuaca

Rajah 7 menunjukkan purata suhu bulanan yang telah dinilai melalui data NOAA-AVHRR dan suhu dari stesen kaji cuaca untuk Bandar Bayan Lepas, Senai, Petaling Jaya, dan Kota Bharu. Rajah ini juga menunjukkan perbezaan signifikan di antara penilaian suhu dari data NOAA-AVHRR dan suhu dari stesen kaji cuaca.

Setiap perbezaan ini dinyatakan melalui Jadual 3 didapati nilai perbezaan tidak melebihi 1°C. Sebagai contohnya, nilai perbezaan suhu untuk bandar Bayan Lepas ialah 0.875, Senai (0.44), Petaling Jaya (0.746) dan Kota Bharu ialah 0.13. Walaubagaimanapun, terdapat pertambahan untuk nilai RMSE (*root mean square error*) iaitu Bayan Lepas (1.052), Senai (0.627), Petaling Jaya (0.95) dan Kota Bharu (0.747).

Jadual 4: Perbezaan bagi bulanan dan purata perbezaan bagi setiap stesen

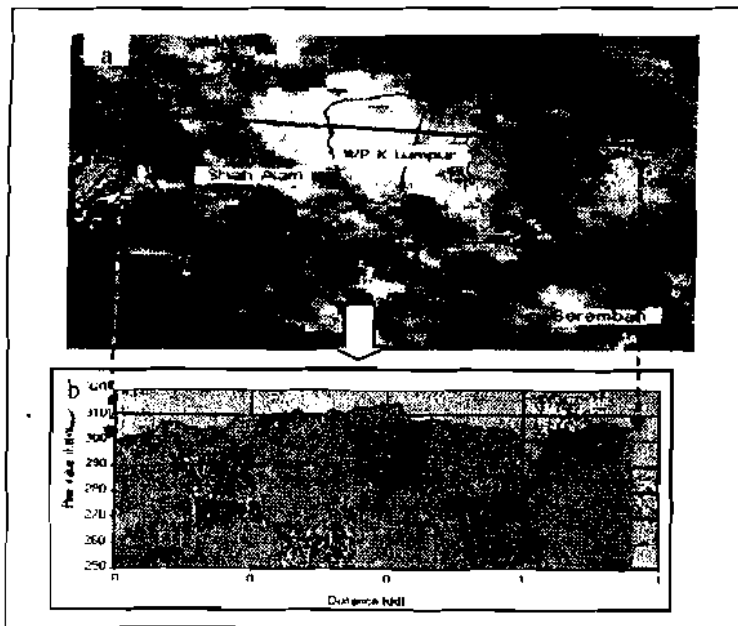
Bulan	Jan	Feb	Mac	Apr	Mei	Jun	Julai	Ogos	Sep	Okt	Nov	Dis	Bulan
BAYAN LEPAS	0.4	0.7	1.2	0.3	1.3	0.2	1.2	0.8	2.1	0.9	1.2	0.8	0.925
SENAI	1.03	0.5	1.2	0.2	0.5	0.6	0.7	0.3	0.7	0.4	0.2	0.2	0.544
P. JAYA	0.8	1.4	0.09	0.5	0.8	0.9	0.6	1.6	1.2	1.1	0.6	0.7	0.86
KOTA BHARU	1.13	0.1	0.9	0.8	0.4	0.7	0.5	1.2	0.2	0.3	0.7	1	0.661



Rajah 7: Purata suhu bulanan dari data NOAA AVHRR dan suhu stesen kaji cuaca di empat bandar terpilih

Analisis Ketinggian Suhu di Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur

Dalam kajian ini, penilaian ketinggian suhu dapat dilihat melalui Rajah 8. Garisan A-B yang berwarna hitam ini dilakar merentasi kawasan Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur dan terletaknya kawasan Petaling Jaya. Rajah yang menunjukkan sebahagian data NOAA-AVHRR menunjukkan piksel-piksel yang berlainan suhu. Didapati, wujud perbezaan suhu khasnya terdapat peningkatan suhu di tengah-tengah kawasan Kuala Lumpur (merangkumi Petaling Jaya) berbanding kawasan di sekitarnya. Ini dibuktikan dengan graf yang dibentuk menunjukkan wujud peningkatan suhu di kawasan tengah bandar berbanding di luar bandar.



Rajah 8: Perbezaan suhu antara kawasan bandar dan luar bandar di sekitar Kuala Lumpur

KESIMPULAN

Penggunaan teknik penderiaan jauh adalah satu cara alternatif yang boleh digunakan bagi mendapatkan suhu berbanding teknik konvensional. Penggunaan data NOAA-AVHRR sesuai digunakan untuk kawasan yang luas berbanding

teknik konvensional. Kajian ini menggunakan teknik *split window* untuk mendapatkan suhu daripada data NOAA-AVHRR. Purata perbezaan daripada MMS dan RMSE di bawah 1 iaitu masing-masing 0.784 dan 0.844 untuk kesemua kawasan kajian menunjukkan kajian dengan menggunakan teknik ini boleh diterima. Dalam kajian ini, keputusan yang diperolehi adalah menepati objektif kajian. Kajian ini secara umumnya dapat menentukan nilai suhu permukaan daripada data NOAA-AVHRR. Penentuan nilai ini diperolehi setelah menjalankan beberapa proses tertentu ke atas data NOAA-AVHRR seperti prapemprosesan yang merangkumi pembetulan geometri dan kalibrasi imej dan seterusnya mengekstrak suhu daripada data ini. Kaedah ini dianggap satu jalan alternatif bagi mendapatkan suhu selain melalui kaedah konvensional.

Kelebihan utama data NOAA-AVHRR ialah mempunyai imej yang besar yang dapat merangkumi seluruh Semenanjung Malaysia. Oleh itu, kaedah ini adalah yang terbaik dalam membandingkan suhu bandar-bandar utama di seluruh Semenanjung Malaysia. Kaedah ini menjimatkan kos dari segi kewangan, masa dan pengangkutan. Kajian ini dapat membandingkan suhu antara bandar-bandar utama di seluruh Semenanjung Malaysia. Perbandingan suhu yang diperolehi daripada data NOAA-AVHRR dengan suhu sebenar daripada stesen kaji cuaca di bandar-bandar berkenaan tidak menunjukkan perbezaan yang nyata iaitu di bawah 1°C. Ini menunjukkan ketepatan suhu daripada data NOAA-AVHRR boleh dipercayai dan diterima.

RUJUKAN

- Aniello, C., Morgan, K., Busbey, A. dan Newland, L. (1995). Mapping micro-urban heat islands using LANDSAT TM and a GIS. *Computers & Geosciences*. Volume 21, Issue 8 : 965-967.
- Chen, P., Liew, S.C., Kwok, L.K. (2001). Dependence of Urban Temperature Elevation on Land Cover Types. *22nd Asian Conference on Remote Sensing*. 5-9 November 2001. Singapore.
- Dousset, B. dan Gourmelon, F. (2003). Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and landcover. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. Volume 58, Issue 1-2 : 43-54.

- Gallo, K.P., McNab, A.L., Karl, T.R., Brown, J.F., Hood, J.J. dan Tarpley, J.D. (1993). The use of NOAA AVHRR data for assessment of the urban heat island effect. *Journal of Applied Meteorology*. 32 (5): 899-908.
- Hall, P. dan Pfeiffer, U. (2000). *Urban Future 21, A Global Agenda For Twenty - First Century Cities*. E & FN Spon 11 New Fetter Lane. London: 1.
- Jensen, J. R. (1996). *Introduction Digital Image Processing, Second Edition*. Prentice Hall. New Jersey: 44 - 45.
- Jo Myong Hee, Kwang Jae Lee dan Bong Woon Jun (2001). The spatial topographic Analysis of urban temperature using remotely sensed data and GIS. 22nd *Asian Conference on Remote Sensing*. 5 - 9 November 2001. Singapore.
- Saaroni, H., Ben- Dor, E., Bitan, A. dan Potcher, O. (2000). Spatial distribution and microscale characteristics of urban heat island in Tel Aviv, Israel. *Landscape and Urban Planning*. Volume 48, Issue 1-2 :1 - 18.
- Sham Sani. (1995). *Iklim Mikro. Proses dan Aplikasi*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur: 115 -140.
- Sreutker, D.V. (2003). Satellite - measured growth of the urban heat island of Houston, Texas. *Remote Sensing of Environment*. Volume 85, Issue 3 : 282 – 289.
- Sulong Mohamad. (1985). *Pembundaran dan Persekitaran*. Dewan Bahasa dan Pustaka. Kuala Lumpur: 4-6, 55-69.